Aus der neurologischen Klinik Broad Street Hospital in New York
(Dr. Norman Sharpe)

Die pilomotorische Reaktion und ihre klinische Bedeutung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae

der Universität Bern

vorgelegt von

SOL WEINSTEIN

aus

New York
(U. S. A.)

1939

Verlag Otto Fritz Knobel, Dornach

Auf Antrag des Herrn Professor Dr. ROBERT ISENSCHMID von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 10. Mai 1939

Der Dekan der medizinischen Fakultät:

Professor KLAESI

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern!

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Geschichtlicher Überblick 1
II. Anatomie und Histologie der Piloarrektoren 2
III. Physiologisches Verhalten 3
IV. Die klinische Bedeutung der Reaktion 15
V. Eigene Untersuchungen 21
VI. Zusammenfassung 23
VII. Literaturverzeichnis 26

I. Geschichtlicher Überblick.

Die pilomotorische Reaktion ist schon seit altersher bekannt. So beschrieb *Aristoteles* das Phänomen des Haarsträubens und das Auftreten eines Schauergefühls beim Niesen und Urinieren, besonders wies er auf die Gänsehautbildung am Ende des Urinierens hin, „beim Auspressen des letzten Tropfens". Er fand die Erscheinung auch beim Übergießen mit heißem oder kaltem Wasser. Bei *Hippokrates* findet sich eine Stelle, welche die Beobachtung einer Gänsehaut mit dem begleitenden Frostgefühl beim Koitus zu enthalten scheint. Außerdem glaubte er, daß das Auftreten dieses Gefühls bei verschiedenen Krankheiten eine besondere diagnostische Bedeutung habe. Die damalige Erklärung für diese Erscheinungen sah man in der Eindickung der Säfte (*Hippokrates*), beziehungsweise in der Stagnation der Blutteilchen (Asklipiades). Erst bei *Galenus* findet sich zum ersten Male eine genaue morphologische Beschreibung der Gänsehaut. Im Altertum unterschied man drei Grade des Schauderns: : 1. Frigus, 2. Horror und 3. Rigor. Das Wort „horripilatur" findet sich zuerst bei *Apoleus*, später dann im 12. Jahrhundert bei *Albertus Magnus*. Das morphologische Moment der Reactio pilomotorica tritt erst im Mittelalter nominell hervor. Seitdem spricht man allgemein von einer Gänsehaut. In der Gelehrtensprache erscheint dann die Gänsehaut unter dem Namen Cutis anserina (*Ettmüller*, 1708). *Nic. Weiss* (25) wies 1740 auf das Vorkommen der Cutis anserina bei der Leiche hin. *Berndt* und *Eggert* (26) konnten sie bei allen Leichen von Ertrunkenen feststellen, ebenso wurde sie bei Hingerichteten beobachtet. *Maschka* (27) war der Meinung, daß nicht nur die Totenstarre, sondern auch das Verdunsten der flüssigen Hautbestandteile als Ursache in Betracht kam. Trotz all dieser Beobachtungen war die pilomotorische Reaktion in ihrem Wesen noch unklar, so daß in den verschiedensten Lehrbüchern des vorigen Jahrhunderts nur ungenaue Angaben vorzufinden sind. 1840 beschrieb *Fuchs* (28) in seinem Lehrbuch die Gänsehaut als Kontraktion der Hautpapil-

len, bei der das Blut aus dem Rete vasculare zurückweicht und die Hautausdünstungen unterdrückt werden. Sie wird mit Erkältung und Nervenkrankheiten in Zusammenhang gebracht. *Moser* (29) beobachtete ihr Auftreten bei Gemütsbewegungen, Kälte, Fieberfrost und in jenen Fällen, bei denen ein Teil des Körpers sehr schmerzhaft erkrankte. 1851 konnte *Kölliker* (30) durch faradische Reizung bei Hautstücken eines Enthaupteten die Reaktion herbeiführen. *Gull* (31) rief als erster (1859) durch mechanische Reizung der Haut das Auftreten der Cutis anserina hervor und stellte auf Grund dieser Versuche eine Theorie über die Entstehung der Gefäßreaktionen und der Urticaria factitia auf. *Lister* (32) beschrieb 1853 beim Kitzeln einer Hautstelle eine Horripilation der Nachbargebiete. Auch *Richter* (33) erwähnte die ätiologische Bedeutung dieser Reaktion für die Urticaria spastica. 1893 findet man im Lehrbuch von *Kaposi* noch Zweifel darüber, ob es sich bei der Cutis anserina um einen physiologischen Vorgang oder eine Motilitätsneurose der Haut handle. Größere zusammenfassende Arbeiten stammen dann von *Makenzie* (8), *Sobotka* (6), *Königsfeld* und *Zierl* (4).

II. Anatomie und Histologie der Pilo-arrektoren.

Zu den glatten Muskeln der Haut gehören vor allem die Musculi arrectores pilorum. Sie finden sich über den ganzen Körper verteilt, fehlen aber vielfach an den Augenwimpern, Brauen, Bart- und Achselhaaren und Vibrissae. Der Name Arrector pili deutet auf das Haar als Ansatz, wobei dann das oberflächliche Ende an der Epidermis als Ursprung zu betrachten wäre. Tatsächlich gibt es keinen fixen Ursprungspunkt, sondern beide Endpunkte des Muskels sind beweglich und werden bei der Kontraktion einander genähert. Die Form und die Entwicklung des Muskels spricht dafür, daß die Stelle am Haarfollikel der Ursprung ist. Der Muskel entspringt am Haarbalg, die Ursprungszipfel vereinigen sich zu einem runden Muskelbauch, welcher sich später divergent ausbreitet und am Bindegewebe unter dem Oberflächenepithel mit einer fächerförmigen, aus elastischen Fasern bestehenden Sehne ansetzt. Die muskulären Hautelemente entwickeln sich aus einer Anhäufung von

Bindegewebszellen am unteren Ende des Haarschaftes. Die Muskeln werden vom System des Nervus sympathicus innerviert, die sie versorgenden Nervenelemente werden als Pilomotoren bezeichnet. Die Kenntnis der genauen Innervationsverhältnisse verdanken wir vor allem einer Reihe von Tierversuchen. 1860 wies *H. Müller* (34) an Hand von Beobachtungen an der Katze darauf hin, daß die Haarmuskeln vom Sympathicus innerviert werden. Dann zeigte *Schiff* (35) 1870, daß es gelingt, bei Katzen durch Reizung des Rückenmarks eine Arrektion der Schwanzhaare hervorzurufen, daß dieser Effekt aber bei Durchschneidung des Lumbalsympathicus ausbleibt. *Langley* (21, 22) und seine Mitarbeiter legten in einer Reihe von Arbeiten den Grund zur Lehre von den Pilomotoren. Sie reizten Hals- und Lumbalsympathicus, ferner Teile des cerebrospinalen Systems und beobachteten dabei pilomotorische Erscheinungen. Nach Untersuchungen *Kahns* (3) am Ziesel soll sich ein höchstes Gehirnzentrum der Pilomotoren an der Vorderfläche der Großhirnhemisphären befinden, ebenso hat er ein Zentrum in der Medulla oblongata und im Boden der Rautengrube nachgewiesen.

Nach *Unna* (36) und *Bonnet* (37) haben die Haarbalgmuskeln die Aufgabe, bei ihrer Kontraktion die Haut zu komprimieren, wodurch Blut und Lymphe aus der Oberfläche in die tieferen Schichten gedrängt werden; dadurch wird die Blut- und Lymphzirkulation, die Drüsensekretion und die Hautperspiration reguliert. Die Drüsensekretion der Talgdrüsen wird dadurch gefördert, daß der von ihnen eingenommene Raum, in dem sich der Muskel vom Bogen zur Sehne spannt, verkleinert wird, wodurch es zur Entleerung der Drüse kommt. Ihre auffälligste Funktion besteht aber darin, den Haarbalg zu heben und die schräg in der Haut steckenden Haare senkrecht zu stellen, so daß es zu einer Art Papillenbildung der Hautoberfläche kommt: dieses Phänomen wird als Cutis anserina bezeichnet.

III. Physiologisches Verhalten.

Die pilomotorische Reaktion besteht in einer Kontraktion der glatten Muskelfasern der Haut, welche mit den Haarbälgen in Beziehung stehen. Als auslösend kommen die verschiedensten Reize

in Betracht. Die Menschen zeigen eine differente Empfänglichkeit gegenüber diesen Reizen, aber auch das Einzelindividuum ist zu verschiedenen Zeiten verschieden empfindlich. Es bestehen schließlich auch Unterschiede in Bezug auf die rechte und linke Körperhälfte bei ein und derselben Person. Männer sind im allgemeinen empfindlicher als Frauen, adipöse Haut reagiert weniger gut als fettarme. Auch das Alter spielt eine Rolle. Gewöhnlich ist die Reaktion im mittleren Lebensalter am leichtesten auszulösen. *Sobotka* fand sie schon bei einem drei Wochen alten Säugling, andererseits wurde sie bisweilen bei Kindern vom 10. Tag bis zum 10. Monat vermißt. Die augenblickliche Körperverfassung wird meistens unterschätzt. Über den Umweg der verminderten Wärmebildung ist der nüchterne Körper im Gegensatz zum gesättigten zu vermehrter Arrektion geneigt. Bei verschiedenen Reizarten erfolgt die Reaktion in verschiedener Ausdehnung, wobei der Ort der Reizung und individuelle Momente eine Rolle spielen.

Es lassen sich zwei Formen der Piloarrektion unterscheiden, verschieden in Bezug auf Entstehungsart und auf Ausdehnung. Wenn die Reaktion auf die gereizte Hautstelle beschränkt bleibt oder sie nur wenig überschreitet, spricht man von einer lokalen pilomotorischen Arrektion. Breitet sie sich aber auf mehr oder minder große Hautgebiete aus, dann liegt eine Allgemeinreaktion vor. Man muß annehmen, daß die lokale Reaktion durch direkten Reiz auf die glatten Haarbalgmuskeln entsteht, während die Allgemeinreaktion durch nervöse Impulse vom Zentralnervensystem reflektorisch ausgelöst wird. Beweis dafür sind Tierversuche und Untersuchungen an Menschen, bei denen Verletzungen von Nerven vorlagen. Daß die lokale Reaktion durch direkten Reiz hervorgerufen wird, zeigten schon die Versuche von *Kölliker* (30), der, wie oben erwähnt, an herausgeschnittenen Hautstücken einer frischen menschlichen Leiche durch Galvanisation eine Gänsehaut erzeugen konnte. Das gleiche erzielte *Sobotka* (6) an abgesetzten Gliedmaßen durch Faradisation, Kälte- und Berührungsreize. Eine Verstärkung der Cutis anserina auf lokalen Reiz im Gebiet durchschnittener Hautnerven sahen *Trotter* und *Davis* (7) im Selbstversuch. Dadurch kann man als sicher annehmen, daß die lokale Reaktion ohne jeden Nerveneinfluß zustande kommt. Es scheint sogar sehr wahrscheinlich, daß die Reaktion in verstärktem Maße

auftritt, wenn die Verbindung zum Zentralnervensystem unterbrochen wird. Das Zentralnervensystem dürfte somit gewöhnlich eine Hemmung auf die Haarbalgmuskeln ausüben.

Der Allgemeinreflex beginnt gewöhnlich an der Reizstelle, manchmal jedoch an anderen Hautpartien, und kann sogar von solchen Gegenden ausgelöst und weiterverbreitet werden, an denen selbst niemals Arrektion zu beobachten ist. Die Erhebung der Papillen schreitet dann wellenförmig konzentrisch oder exzentrisch weiter fort, nur selten sprunghaft mit einem freien Intervall zwischen den zuerst und den später ergriffenen Gebieten. Schon *Makenzie* hat beobachtet, daß sich die Ausbreitung der Gänsehaut an die Verteilungsgebiete der Nerven hält, deren zentrale Verknüpfungen sich in enger Nachbarschaft mit denjenigen Nerven befinden, die das gereizte Gebiet versorgen. Häufiger werden dabei die Grenzen zweier benachbarter Nerven überschritten, als daß das Gebiet eines Nerven ganz ausgefüllt wird. Das Phänomen scheint an jeder beliebigen Stelle seiner Ausbreitung Halt machen zu können. Es zeigt sich ferner die interessante Tatsache, daß die Reaktion niemals die Mittellinie überschreitet, wenn man von einem ganz schmalen, wellig begrenzten Längsstreifen absehen will. Außerdem wird niemals die Gegend oberhalb des Schlüsselbeins (ungefähr den ersten vier Cervikalnerven entsprechend) befallen, niemals auch selbstverständlich jene Stellen, die keine Haarmuskeln besitzen.

Jeder Reiz wirkt auf seine eigene Körperhälfte, manchmal jedoch außerdem noch auf die andere. Es handelt sich hier aber nicht um ein Überschreiten der Mittellinie, sondern um eine doppelt einseitige Wirkung. Die Reaktion der nicht unmittelbar gereizten Seite bleibt gewöhnlich hinter der anderen zurück. Dies gilt besonders für die mechanische Reizung. Abtrennung vom Gehirn bewirkt eine Verstärkung der Reaktion. Doch kann unter gewissen Bedingungen vom Gehirn aus auch eine Förderung des Allgemeinreflexes zustande kommen. Das trifft bei jenen Zuständen ein, welche für die Piloarrektion günstig sind. In diesen Fällen kann man von einem bedingten Reflex im Sinne *Pawlow's* sprechen (*Bowing,* 20).

Manche Forscher beobachteten gleichzeitiges Bestehen von weißem Dermographismus neben der Gänsehaut. Sie bezeichneten

dies als eine perverse Reaktion (*Hess* und *Königstein*, 38). Dasselbe sah *Bauer* (39), der darauf hinwies, daß die initiale Gänsehautbildung oft von einer kurzdauernden Abblassung begleitet ist. Er erklärt die Erscheinung durch gleichzeitige Reizung der Pilomotoren und Vasokonstriktoren. In seltenen Fällen fand er jedoch auch einen Gänsehautdermographismus ohne lokale Verfärbung der Haut, der oft mehrere Minuten dauerte.

Während die lokale Reaktion fast bei allen Menschen konstant auszulösen ist, sind die reflektorischen Erscheinungen schwerer hervorzubringen. Für beide Reaktionsformen gibt es regionäre Unterschiede. Die unmittelbare Erregung der Arrektoren scheint auf Brust und Rückenmark am besten zu gelingen. Für die Allgemeinreaktion gibt es eine Reihe von Prädilektionsstellen, von denen aus sehr starke, ausgebreitete Reaktionen ausgelöst werden können. Dazu gehören folgende Regionen: Seitliche und hintere Partien des Halses (sogenanntes Nackenfeld), Hinterfläche der Ohrmuscheln, äußerer Gehörgang, Schultergegend, Streckseite der Oberarme und schließlich After und Urethralschleimhaut. Von diesen Schleimhautstellen kann es manchmal zur Auslösung von inselförmigen Piloarrektionen am Unterleib und Oberschenkel kommen, besonders beim Katheterisieren und bei rektaler Untersuchung. So beschrieb *Pinkus* (17) eine zirkumskripte Gänsehaut der Glutealgegend, die bei Einführung des Fingers in das Rektum auftrat. Er nimmt in diesen Fällen eine direkte mechanische Erregung des Plexus pudendus an, welche durch zentripetale Leitung die ausgedehnten Anastomosen des Sympathicus erreicht, die sich den Ästen des Plexus lumbalis anschließen.

Die Gänsehaut ist von einem besonderen Gemeingefühl begleitet (*Wundt*, 40), das von *Günther* (2) als „Sensatio pilomotorica“ bezeichnet wird. Schon früher wurde von *Makenzie* (8) auf die Eigenart dieses Gefühls aufmerksam gemacht: er nannte es „autonomic sensation“. *Sobotka* (6) beschreibt die Arrektionsempfindung oder das Gänsehautgefühl als eine „überaus zusammengesetzte Empfindung, in der die verschiedenen Teilwahrnehmungen an verschiedenen Körperstellen verschieden stark beteiligt sein können“; so am Rücken besonders die Wahrnehmung der Kälte, an Wange, Schläfe, Haarboden, Unterschenkel besonders die des Starrwerdens, am Skrotum beim Cremasterreflex nie eine Kälte-

komponente. Doch darf dieses Gefühl keineswegs mit dem Kältegefühl identifiziert werden, da die Kältewahrnehmung nicht von einer pilomotorischen Reaktion begleitet sein muß. *Königsfeld* und *Zierl* (4) fanden, daß die Vorbedingung für das Entstehen einer Sensatio eine Ausbreitung der Reaktion auf ein größeres Gebiet sein dürfte, während *Makenzie* auch in diesem Falle gelegentlich ein Ausbleiben der „autonomic sensation" feststellte. Er war daher der Meinung, daß diese Empfindung unabhängig von der pilomotorischen Reaktion sei.

Eine pilomotorische Reaktion kann durch verschiedene Momente ausgelöst werden: 1. durch mechanische Reize, 2. thermische, 3. elektrische, 4. chemische und 5. durch psychische Vorstellungen.

1. Mechanische Reize: Wenn man die Haut eines nackten Menschen mechanisch reizt, z. B. durch Streichen mit einem Glasstab oder mit dem stumpfen Hammerstiel, so entstehen nach einer Latenzzeit, die beim einzelnen Menschen konstant ist, bei verschiedenen Menschen zwischen 1—5 Sekunden schwankt, an der gereizten Stelle und auch in gewissem Umfang über sie hinaus follikuläre Hautwärzchen, aus deren Mittelpunkt das steil aufgerichtete Haar vorragt. Nach einiger Zeit sinken die Knötchen allmählich ab, jedoch meist langsamer, als sie gekommen sind, während das Haar sich in seine gewöhnliche Stellung zurückneigt. Die Reaktion gelingt nach *Külbs* (14) besonders an behaarten Stellen des Körpers, vorwiegend auf Brust und Rücken. *Külbs* beobachtete auch nach wiederholter Reizung derselben Stelle Ermüdungserscheinungen. Doch können die Musculi arrectores pilorum auch bei starken thermisch mechanischen Reizen (z. B. Eisblase, Thermophor) stundenlang im Rigor verharren. Durch Gewöhnung an Kältereize, also durch Übung der Hautmuskeln, sah *Külbs* nach vielen Wochen eine Verstärkung der Reaktion. Er neigt daher zur Ansicht, die Reactio pilomotorica mit dem Begriff Abhärtung in Verbindung zu bringen.

2. Thermische Reize: a) Wärme. Gleichmäßige Wärme vermindert die Disposition zur pilomotorischen Reaktion eher, im Gegensatz zur Gefäßreaktion. Andererseits kann durch plötzliche Erwärmung bei größerer Temperaturdifferenz eine Piloarrektion hervorgerufen werden. Schon *Aristoteles* kannte das Frösteln

beim Übergießen mit heißem oder kaltem Wasser. *Richet* (41) beschrieb 1878 die „horripilation générale" durch Wärmereiz. Beim Besteigen eines sehr warmen Bades kommt es bekanntlich häufig zur Reactio und Sentsatio pilomotorica (*Makenzie* (8), *Külbs* (14), *Sobotka* (6) u. a.). Dabei tritt die Sensatio pilomotorica am ganzen Körper auf, während die Reactio am deutlichsten an den aus dem Bade hervorragenden Körperteilen sichtbar wird. Die Differenz zwischen Wasser- und Hauttemperatur ist dabei von ausschlaggebender Bedeutung; die pilomotorische Reaktion bleibt bei nur geringer Differenz aus. *Sobotka* beobachtete, daß auch bei Wassertemperatur von 36—39 Grad, wobei keine wesentliche Differenz gegen die Körpertemperatur besteht, die Allgemeinreaktion fast nie ausblieb, wenn der Körper bis in die obere Nackengegend vom Wasser umspült war. Er sprach daher dem Nackenfeld auch bei Wärmereizen eine besondere Empfänglichkeit zu. Auch bei plötzlicher innerer Wärmewirkung, z. B. nach heißen Getränken, kann eine pilomotorische Reaktion auftreten. Schon *Ettmüller* 1708 und *Gehler* (43) 1758 erwähnten diese Beobachtung. *Sobotka* fand auch eine abdominelle Reactio pilomotorica nach Aufnahme heißer Getränke.

b) Kälte. Die von Leien allgemein als sicher angenommene Wirkung des Kältereizes mißlang bei allen älteren Untersuchungen. Erst zahlreiche abgeänderte Experimente konnten den sicheren Beweis der Wirkung erbringen. Unter den Umständen des täglichen Lebens ist die reine Kältewirkung nicht häufig, sondern es besteht eine Kombination mit mechanischen Reizen. Dabei ist der Wechsel, der den Körper umgebenden Temperatur maßgebend, gleichgültig, ob die Außentemperatur höher oder niedriger als die Körpertemperatur ist. Dann genügt ein ganz leichter mechanischer Reiz, z. B. der Kontakt der Haut mit Wasser beim Baden oder das Abstreifen des Hemdes, um eine Allgemeinreaktion auszulösen. Der fördernde Einfluß der Abkühlung ist auch zu verschiedenen Tages- bezw. Jahreszeiten zu beobachten. Am kühlen Morgen gelingt die Auslösung leicht, am heißen Sommernachmittag sehr schwer. Die exakte Beurteilung aller Erscheinungen wird natürlich durch die gleichzeitig vorhandenen mechanischen Effekte erschwert. Man kann leicht an sich selbst beobachten, daß auch starke Abkühlung bei absoluter körperlicher Ruhe keine Gänse-

haut hervorruft, sondern dazu noch geringe mechanische Reize, z. B. Reiben der Kleidung, bei unwillkürlicher Körperbewegung nötig sind. *Sobotka* (6) bezeichnet es sogar als zweifelhaft, daß höhere Kältegrade die Neigung zur Arrektion fördern. Er fand auch, daß bei kurzer Applikation von Eisstückchen die lokale Reaktion ausblieb, während *Königsfeld* und *Ziert* (4) bei der gleichen Versuchsanordnung fast stets Gänsehautbildung erreichten. Hingegen beobachtete *Sobotka* bei Eisapplikation am Nackenfeld und ebenso an der Hinterseite der Ohrmuschel eine halbseitige Reactio pilomotorica. Eine ebenso ausgiebige Reaktion konnte nur noch bei Abkühlung einer sehr großen Hautpartie beobachtet werden. *Beni Barde* (44) sah beim Bespritzen der rechten Brustseite mit kaltem Wasser dort sogleich eine Gänsehaut und nach 5—15 Sekunden auch auf der anderen, nicht gereizten Seite dasselbe. Dazwischen befand sich oft eine neutrale Zone. Noch intensiver war die Erscheinung am Rücken und an den Füßen. Für das Zustandekommen der Reactio pilomotorica ist nach *Grassel* (45) der Kontrast zwischen den verschiedenen peripheren Temperaturen und der oft beträchtlich erhöhten Temperatur der inneren Körperteile wesentlich. Schließlich sei noch die Beobachtung von *Makenzie* (8) angeführt, der Reactio pilomotorica auch nach Genuß von kalten Getränken sah.

3. Elektrische Reize: Schon *Kölliker* (30) 1851 konnte — wie oben erwähnt — nach faradischer Reizung von Hautpartien an der Leiche eine pilomotorische Reaktion hervorrufen. Ferner beschrieben später *Ritschl* (5) und *Winkler* (46) das Auftreten der Reaktion nach elektrischen Reizen. *Barthélemy* (47) sah die Bildung einer Cutis anserina alba bei Annäherung eines elektrischen Pols (Arsonvalisation). Eine besondere Bedeutung aber besitzt das Nackenfeld, dessen Erregbarkeit von *Sobotka* (6) genau untersucht wurde. Dieses Feld umfaßt folgende Gebiete: Rückseite des Halses mit Hinterhauptgegend, Rücken bis zur Höhe des 3. Thorakalwirbels, hintere Halsdreiecke und zumindest die mediale Fläche der Fossa supraclavicularis. Er fand bei Reizung dieser Region mit dem faradischen Pinsel eine Piloarrektion der Rumpfhälfte der Reizseite und beider Extremitäten, wobei die Medianlinie streng eingehalten wurde. Dabei blieb das Nackenfeld selbst oft bis zur Clavicula frei von jeder Erscheinung. Manchmal konnte auch auf

der Gegenseite eine Reaktion beobachtet werden. Ebenso sahen *Königsfeld* und *Zierl* (4) beim Bestreichen dieses Feldes mit der faradischen Elektrode die Reaktion, während beim stromlosen Bestreichen keine Reaktion auftrat, so daß die mechanische Komponente hier ohne Bedeutung ist.

Auch die Reizung durch den galvanischen Strom bewirkt eine Reaktion. Dabei geht die Erregung beim Schließen von der Kathode, beim Öffnen von der Anode aus. Den beiden Autoren gelang schließlich auch das Einschleichen des galvanischen Stroms und die Feststellung einer Reizsummation. Bei der Reizung des Nackenfeldes geht der zentrale Reflex über Hirn- und Spinalnerven, nicht aber über den Sympathicus, da dieser dort nur schwer erregbar und tief gelegen ist (*Königsfeld* und *Zierl* (4). Die faradische Reizung vom Nackenfeld aus ist stets sehr wirksam und konstant auslösbar. Außerdem kommt es bei dieser Art von Reizung noch am häufigsten zu Erscheinungen auf der Gegenseite. Es ist nicht gelungen, unmittelbar vom Nerven aus mit dem faradischen Strom Arrektion zu erzeugen. Die elektrische Erregbarkeit vom Nackenfeld aus findet sich bei allen gesunden Menschen und scheint nur von der Intaktheit der Nervenbahnen und Zentren abhängig zu sein. Die genaue Erklärung über das Wesen des Nackenfeldes ist bis heute nicht gegeben worden. Über den afferenten Teil des Reflexbogens und die Lage der beteiligten Zentren können nur Vermutungen angestellt werden.

4. *Chemische Reize:* Es ist allgemein bekannt, daß nach Adrenalinapplikation eine Cutis anserina auftritt (*Elliot* und *Kahn* (48), *Königsfeld* und *Zierl* (4) u. a.). *v. Dalmady* (61) verwendet die Adrenalinjontophorese in der Weise, daß er eine 0,5 %ige, an der Anode befindliche Adrenalinlösung 8—12 Minuten mit 10—12 Milliampère auf Gewebe einwirken läßt. An der Reizstelle traten Anämie, Reactio pilomotorica und ein roter Saum ohne sekundäre Röte auf, die Rückbildung zur Norm erfolgte in etwa 2 Stunden. *Elliot*, *Kahn* und andere fanden bei lokaler Adrenalinapplikation eine sehr starke, zirkumskripte Gänsehaut, außerdem konnten diese Autoren bei intravenöser Injektion im allgemeinen starke Erregung der Pilomotoren beobachten. Auch *Königsfeld* und *Zierl* fanden nach subkutaner Injektion von 0,0025

bis 0,005 g Adrenalin einen bis handtellergroßen Bezirk von Gänsehaut, so weit die durch die Einspritzung hervorgerufene Anämie reichte. Die Reaktion begann nach 2—10 Minuten, nach zirka 45 Minuten gingen vom anämischen Bezirk radiäre Streifen von weißer Farbe aus, in deren Gebiet sich dann ebenfalls die Arrektion zeigte; nach mehreren Stunden klangen die Erscheinungen ab. Vielleicht handelt es sich dabei um einen Weitertransport von Adrenalin auf dem Lymphweg; die genannten Autoren konnten eine allgemeine Steigerung der pilomotorischen Reaktion bei diesen kleinen Dosen nicht feststellen.

Brücke (24) untersuchte die Wirkung des Acetylcholins auf die Pilomotoren. Er verweist dabei auf die Untersuchungen von *Dale*, der den Standpunkt vertritt, daß die, die Hautmuskeln versorgenden sympathischen Fasern teils einen adrenergen, teils einen cholergen Charakter haben: d. h. bei Erregung werden in den Erfolgsorganen der cholergen sympathischen Fasern Stoffe von der Art des Acetylcholins frei. Die Versuchsanordnung des Autors beschäftigte sich nun mit der Frage, ob Acetylcholin auch auf adrenergene Pilomotoren irgend eine Wirkung ausübt. Bei subkutaner Injektion von Acetylcholin in die Umgebung des beobachteten Haares fand der Verfasser meist Lähmung der sympathischen Nervenendigung, da bei Grenzstrangreizung keine Reaktion auslösbar war. Wenn hingegen zu Kontrollzwecken Ringer- oder 1‰ Physostigminlösung injiziert wurde, trat keine Störung der Reaktion auf. Die Tatsache, daß auf Adrenalin der Muskel noch ansprach, beweist, daß nicht der Muskel selbst durch das Acetylcholin gelähmt worden sein kann. Injiziert man in die Umgebung von mit Acetylcholin gelähmten Haarbezirken 0,1 ccm einer 1‰ Adrenalinlösung, so richten sich die Haare nach der normalen Latenzzeit maximal auf. Daher können die Muskeln nicht der Angriffspunkt der Acetylcholinwirkung sein. Der Verfasser fand ferner, daß sich diese Wirkung nicht durch Atropin beheben läßt.

In ganz seltenen Fällen wurde allerdings auch eine erregende Wirkung des Acetylcholins auf die Pilomotoren beobachtet.

Einen weiteren Beitrag zur chemischen Wirkung auf die Musculi arrectores pilorum stammt von *Vignolo-Lutati* (23), der bei einer Katze durch Kampferinjektionen übermäßige Erregung der

Zentren und schließlich Tod im Krampfanfall herbeiführte. Dabei zeigte sich auch ein allgemeines Sträuben der Haare, wobei bei mikroskopischer Nachprüfung die Muskeln als normal gefunden wurden, so daß es sich bei dieser Erscheinung wahrscheinlich nicht um eine direkte Erregung, sondern um Reflexwirkungen vom Zentrum aus handelt.

Auch eine Injektion von 0.09 Pilocarpin erzeugte ähnliche Erscheinungen, wie die Kampferinjektion; doch fanden sich im Mikroskop die Hautmuskeln in einem Zustand der Kontraktion. Diese deutlich nachweisbare spezifische Wirkung des Pilocarpins beweist das direkte Angreifen des Mittels auf die Muskeln. Die Erscheinung des Haarsträubens nach Pilocarpininjektion wurde auch beim Menschen wiederholt beobachtet, wobei es zu einem allgemeinen Erregungszustand aller Hautmuskeln kam.

Eigene Untersuchungen über das Auftreten der Piloarrektion nach Betupfen der Haut mit verschiedenen chemischen Substanzen ergaben folgende Resultate: Die Applikation von Alkohol, Benzin, 10%iger Kalilauge zeigte keinerlei Reaktion, wenn man den mechanischen Reiz des Betupfens ausschloß. Gewisse Substanzen, wie z. B. Äther oder Äthylchlorid, bewirkten eine lokale Reaktion auf Grund ihres Kältereizes und nicht durch die chemische Zusammensetzung bedingt. Bei der Verwendung von Eisessig trat manchmal, aber nicht regelmäßig, eine Reaktion auf. Andere Ätzmittel, in schwachen Konzentrationen angewendet, bewirkten keine Gänsehautbildung.

Interessant sind die Ergebnisse über die Auslösung der pilomotorischen Allgemeinreaktion mittels chemischer Reize von Schleimhäuten aus. Beim Einbringen von leicht ätzenden Substanzen (Essigsäure, Kalilauge in starken Verdünnungen) auf die Schleimhäute der Mundhöhle kam es nur selten zu einer Reaktion, und nur dann, wenn größere Partien betupft worden waren. Anders war es bei der empfindlichen Schleimhaut der Zunge und der Nasenhöhle. Hier wurde bei Applikation auf kleinen Partien zumindest eine Sensatio pilomotorica, bei größeren Mengen des Stoffes eine Allgemeinreaktion beobachtet. Das gleiche wurde auch bei anderen Säuren (Zitronensäure, Oxalsäure) beobachtet, stärkere Säuren konnten wegen der großen Ätzwirkung nicht angewendet werden.

Diese Beobachtungen entsprechen den Versuchen, die in analoger Weise mit anderen Reizmitteln durchgeführt wurden (Faradisieren, mechanische Reize etc.). Das Auftreten der Allgemeinreaktion, von Schleimhäuten ausgelöst, ist auch bei verschiedenen Entzündungen beschrieben worden.

5. *Psychische Vorstellungen:* Die Beziehung der Gänsehautbildung zum Affektleben ist eine bekannte Tatsache. Die Reactio und Sensatio pilomotorica findet sich als Begleiterscheinung von psychischen Affekten, so z. B. im Theater und bei Konzerten, „in Momenten, in denen wir Großes erleben" (*Königsfeld* und *Zierl*, 4), bei schöner Musik (*Darwin*), ferner bei Zorn, Ärger, Schreck und Unlustgefühlen, die durch optische Reize, z. B. Blendung, akustische Reize, z. B. hohe Töne, Quietschen und taktile Reize ausgelöst werden. Zu letzteren gehört nach *Königsfeld* und *Zierl* das unangenehme Gefühl, das man bei Streichen über Samt gegen die Haarrichtung hervorrufen kann.

Auch die spontanen Vorstellungen, welche mit Angstgefühlen einhergehen, können eine Cutis anserina bewirken. Ja, es wurde sogar willkürlich Gänsehautbildung hervorgerufen. So berichteten *Königsfeld* und *Zierl* (4) von einem Mann, der dadurch willkürlich eine Halbseitenreaktion hervorrufen konnte, daß er sich auf der einen Seite seines Körpers einen Schneehaufen, auf der anderen einen Ofen vorstellte: Als er einmal längere Zeit an Malaria litt, erwarb er die unangenehme Fertigkeit, durch den bloßen Gedanken an den Schüttelfrost diesen hervorzurufen; diese Fähigkeit blieb ihm viele Jahre. *Tarchanoff* (49) hat die Meinung geäußert, daß nicht der direkte Willensimpuls, sondern der durch Vorstellungen vermittelte Psychoreflex maßgebend sei.

Darwin beschreibt das durch Affekte bedingte Haarsträuben bei Tieren. Nach *Solger* (10) liegt die physiologische Bedeutung der Piloarrektion bei den pelztragenden Tieren darin, daß die kälteabhaltenden Eigenschaften des Haarkleides durch Zunahme der intermediären Luftschicht verstärkt werden. Dieser phylogenetisch erklärbare Reflex ist beim Mensch nur mehr rudimentär ausgebildet.

Während die lokale Reaktion, wie schon erwähnt, durch direkte Reizung der Haarbalgmuskeln zu erklären ist, ist beim Auftreten

der Allgemeinreaktion eine Verbindung zum Zentralnervensystem notwendig. Zur Auffindung dieser wurden eine Reihe von Tierversuchen angestellt. So stellte *Sobotka* fest, daß bei Durchtrennung des Nervus ischiadicus und des Nervus peronaeus die allgemeine Reaktion in den anästhetischen Gebieten ausblieb. Durchschneidung des Halssympathicus ruft nach *Sherrington* (22) eine Herabsetzung der pilomotorischen Reaktion im Gesicht, auf der Schulter und am Arm derselben Seite hervor. Bei Zerstörung des Thorakalsympathicus fehlte die Reaktion am gleichen Arm, bei Zerstörung des Bauchsympathicus war der Gänsehautreflex am gleichseitigen Bein erloschen. *Langley* 21, 22 und sein Schüler haben durch Reizung der vorderen Wurzeln und des Grenzstrangs bei der Katze das Auftreten verfolgt und ihr Ausbreitungsgebiet auf der Haut festgelegt. Es zeigte sich dabei, daß die pilomotorischen Fasern aus dem Rückenmark von Thorakal 1 bis Lumbal 4 austreten. *Langley* hat ferner die Vorderstränge mit Elektroden gereizt und dabei eine Piloarrektion nur in den Gebieten der unterhalb des gereizten Punktes austretenden Nerven erhalten. Bei Berührung der Seitenstränge ergab sich ebenfalls ein Erfolg unterhalb des Reizortes, doch trat die Reizung nur auf der gleichen Seite auf. Reizung der Hinterstränge blieb ohne Erfolg.

Aus den verschiedenen Tierversuchen und den Beobachtungen an Menschen mit Nervenläsionen läßt sich ableiten, daß die Fortpflanzung der Arrektionswelle nicht durch den postganglionären Axonreflex erfolgt, sondern daß es sich um einen echten, über Rückenmark und sympathischen Grenzstrang ziehenden Reflex handelt. Die Reflexbahn läuft nach den Tierversuchen von *Langley* (21, 22) und den histologischen Untersuchungen beim Menschen von *L. R. Müller* (11) folgendermaßen: Sensibles Endkörperchen der Haut — sensibler Nerv — Spinalnerv — Ganglion spinale — hintere Wurzel — wahrscheinlich Ganglienzellgruppe des Seitenhorns; von hier entspringen markhältige Fasern, die in der vorderen Wurzel zum Nervus spinalis ziehen und durch den Ramus cummunicans albus in das nächstgelegene sympathische Ganglion eintreten. Dort enden sie nur teilweise, erreichen durch den Grenzstrang weiter verlaufend noch eine Reihe anderer Ganglien. Die sympathischen Ganglien senden durch den Ramus communicans griseus marklose Fasern zum Spinalnerv und versorgen

als Pilomotoren die Haarbalgmuskeln. Durch die Verbindung mit höher und tiefer gelegenen Ganglien wird erreicht, daß jeder austretende Ramus communicans griseus pilomotorische Fasern aus mehreren Segmenten in die Peripherie führt.

Pharmakologisch verhalten sich die Piloarrektoren genau so wie alle anderen glattmuskeligen Organe, die vom autonomen Nervensystem versorgt sind. Bei lokaler Applikation von Adrenalin findet man eine starke zirkumskripte Cutis anserina, die in Hautgebieten mit durchschnittenen Nerven stärker ist (*Trotter* und *Davis*, 7). Obwohl keine parasympathischen Endigungen nachzuweisen sind, reagieren sie zum Teil auch auf parasympathische Gifte. *Jaquet* (50) und *Vignolo-Lutati* (23) sahen bei Pilocarpinvergiftungen starkes Sträuben der Haare, das durch Atropin ganz oder teilweise aufgehoben wurde. Atropin selbst jedoch war ohne Einfluß auf die pilomotorischen Erscheinungen.

IV. Die klinische Bedeutung der Reaktion.

Für die klinische Bedeutung der Gänsehaut begann man sich erst sehr spät zu interessieren. *Makenzie* (8), der 1893 eine grössere Arbeit über das Auftreten der Gänsehaut veröffentlicht hatte, fiel es zuerst auf, daß die von ihm „goose-skin reflex" genannte Reaktion sich besonders schnell in hyperästhetischen Zonen ausbreitet, z. B. bei Angina pectoris und bei Gallensteinkoliken. Seither wurde die Reaktion bei den verschiedensten Erkrankungen untersucht. Abweichungen vom physiologischen Verhalten kommen sowohl im Sinne einer Steigerung, als auch einer Verminderung der Arrektionsstärke bezw. der Neigung zur Gänsehautbildung vor. Bei Hautkrankheiten können durch Entzündungen chronische Zustände gesteigerter Erregbarkeit bestehen. *Auspitz* (51) fand dies als konstante Begleiterscheinung bei Prurigo. Zuweilen wird Exsudation im Bereich einzelner Piloarrektionshügelchen beobachtet, es kann sogar ein Übergang zur Urticaria factitia nodulosa stattfinden. Auch bei hyperästhetischen Zonen bei dermatologischen Erkrankungen, z. B. Herpes zoster, zeigt sich eine erhöhte Erregbarkeit. Hautkrankheiten anderer Art hingegen

können durch mechanische Behinderung oder durch Muskelschädigung die Entwicklung der Gänsehaut hintanhalten. An hyperämischer Haut fand *Külbs* (14) keine Reaktion, während *Königsfeld* und *Zierl* (4) bei Kältehyperämie und Scharlacherythem eine universelle Reaktion beobachteten. Sehr bekannt ist das Vorkommen der Reaktion bei fieberhaften Erkrankungen, wobei sowohl die gesteigerte Spontanreaktion als auch die leichtere Auslösbarkeit im Versuch hervorzuheben ist. Es spielt hier der plötzliche Fieberanstieg eine große Rolle, welcher subjektiv mit Frösteln oder Schüttelfrost einhergeht. Die Stärke der Reaktion scheint dabei in einer direkten Abhängigkeit vom Temperaturgipfel zu sein. Das Bestehen der Reactio neben der Sensatio pilomotorica wird von *Mannaberg* (52) besonders bei der Malaria hervorgehoben. *Gavaret* (53) wies nach, daß der Temperaturanstieg schon vor dem Beginn des Schaudergefühls einsetzte, also der Sensatio keine Temperaturerniedrigung entspricht. Es ist noch nicht erwiesen, ob der Schüttelfrost durch zentrale oder periphere toxische Reize entsteht. Ähnliche Erscheinungen sieht man bei gewissen chemischen Stoffen, die in den Körper eingebracht werden. So beobachtete *Lioncille* (54) nach arzneilichen Gaben von Curare Gänsehaut und Schüttelfrost, gleichzeitig Erythem- und Schweißausbruch. *Barthélemy* (47) sah bei 2 Fällen von Arzneiidiosynkrasie eine ausgesprochene Gänsehaut. Er ist der Meinung, daß die Reaktion nur bei vasomotorisch erregbaren Personen vorkommt (subjects dermographiques).

Bei internen Krankheiten wurde die Reaktion wiederholt beobachtet. *Schmoll* (55) sagt, daß die Objektivität der Hyperästhesie bei Koronarthrombosen durch den erhöhten Gänsehautreflex im befallenen Segment bewiesen werden kann. Auch *Külbs* (14) ist es aufgefallen, daß bei lokaler heftiger Schmerzhaftigkeit eine intensivere Reaktion auftrat. Er fand dies bei Pleuritis sicca, Nieren- und Darmkoliken.

Interessant ist die Gänsehautbildung, welche von den Geschlechtsorganen zur Auslösung gelangt. Schon 1868 beschrieb *Johnson* (56) den beim Urinieren bei irritierter Urethra und den beim Katheterisieren auftretenden Rigor. Die bei Gonorrhoe auftretenden Schüttelfröste gehen, wie viele Beobachter berichten, häufig ohne Fieber einher.

Die Cutis anserina bei Hysterikern beweist den Zustand gesteigerter Erregbarkeit der glatten Muskeln. *Johnson* verweist auf das häufige Vorkommen der Gänsehaut bei Epilepsie. Ähnliche Beobachtungen stammen von *Féré* (57), *Mannheimer* (59), *Hutchinson* (58), *Polland* (60), *und Sobotka* (6). Auf die symptomatische Bedeutung der Reactio pilomotorica bei Nervenkrankheiten hat auch *Mackenzie* (8) hingewiesen. Ein anfallsweises Auftreten der Gänsehaut sah *Féré* bei Migräne und *Neumann* (15) bei einem Fall von Tabes dorsalis in Form von richtigen Trichopilarmuskelkrisen. Auch *Königsfeld* und *Zierl* berichteten über eine besonders lebhafte Reaktion bei Tabes.

Pathologische Reaktionen bei Läsionen des Nervensystems sind häufig. Es werden lokale Reizungs- und Ausfallserscheinungen beobachtet. So sahen *Hitzig* Ausfall der Allgemeinreaktion im Gebiete einer Nervenlähmung, *Ritschel* (5) und *Sobotka* (6) bei Nervendurchtrennungen. *Trotter* und *Davis* (7) beobachteten an sich selbst das Verhalten der Pilomotorenreflexe bei Durchschneidung von Hautnerven und fanden, daß die lokale Erregbarkeit bestehen blieb, während der Allgemeinreflex im Gebiete des betreffenden Hauptnerven ausgespart blieb. Der Allgemeinreflex wird also durch periphere Nervenläsion ausnahmslos aufgehoben. *Böwing* (20) untersuchte zwei Kranke mit Plexuslähmung und einen mit Ischiadicusdurchtrennung und konnte die obigen Angaben bestätigen. Es müssen daher auch im Plexus brachialis und Nervus ischiadicus pilomotorische Fasern zur Haut verlaufen, was nach *André-Thomas* (1) nicht für alle peripheren Nerven zutrifft. Da die durch Nackenfeldreizung hervorgerufene Gänsehaut alle durch organische Erkrankungen anästhetischen Hautgebiete unberührt läßt, ist man imstande durch faradische Nackenfeldreizung die Funktionsfähigkeit der peripheren Hautnerven objektiv festzustellen. Anhaltspunkte für die Annahme, daß pilomotorische Bahnen im Rückenmark verlaufen und Zentren dortselbst vorhanden sind, geben die zahlreichen Untersuchungen an Menschen mit Querschnittsläsionen des Rückenmarks. *Sobotka* konnte bei paraplegischer Aufhebung oder Verminderung der Sensibilität an den Beinen vom Nackenfeld aus eine starke Reaktion gerade in den gelähmten Gebieten beobachten. *L. R. Müller* (34) fand bei Kompressionsmyelitis nach Eisapplikation oder Ätherspray an der

Grenze zwischen Dorsal- und Lumbalmark ein Fehlen der Piloarrektion im Gebiete der fehlenden Reflexe (von Nabelhöhe bis zur Leistengegend); hingegen trat unterhalb dieser Zone bei kalter Witterung regelmäßig eine pilomotorische Reaktion auf. *André-Thomas* (1) hat 44 Fälle von Paraplegie klinisch beobachtet, von denen 30 autoptisch nachuntersucht werden konnten. Nach seiner Ansicht gibt es einen pilomotorischen cerebralen Reflex, der oberhalb der Läsion nur in den spinalen Zentren entsteht. Die Grenze zwischen beiden Reflexen entsprach ungefähr der Trennung zwischen den normalen und anästhetischen Gebieten, doch fand auch manchmal eine Überlagerung beider Reflexe statt. Es ergab sich nun, daß bei Überlagerung die Rückenmarksschädigung nur eine geringe Ausdehnung hatte, jedoch bei ausgesparten Zonen zwischen beiden Reflexen weitgehende Zerstörungen gefunden wurden. Da die pilomotorische Zone meist über die Sensibilitätsgrenze reichte, nahm *Thomas* (1) an, daß die einzelnen spinalen pilomotorischen Zentren mit Hilfe der Leitung im Grenzstrang höher und tiefer gelegene Dermatome versorgen. Aus der Erscheinung, daß der Reflex mit der Entfernung vom spinalen Zentrum an Intensität abnahm, schloß er, daß die entfernten Hautgebiete weniger Fasern als die näher gelegenen erhielten. Durch die Ausbreitung der Pilomoarrektion bei Hautreizung unterhalb der Läsion, bestimmte *Thomas* die Hautgebiete der spinalen pilomotorischen Zentren. So fand er, daß die Arme von D 4 bis D 7 versorgt werden, wobei D 4 hauptsächlich der Schultergegend, D 7 dem Unterarm Impulse zuleitete. Im Bereiche von D 10 bis L 2 liegen die Zentren für die Beine. Unterhalb von L 2 traf er keine pilomotorischen Zentren mehr an. Kopf und Hals werden jedenfalls von D 1 bis D 3 aus durch den Halssympathicus mit pilomotorischen Fasern versehen, der Rumpf wahrscheinlich vom mittleren Brustmark. Bei Läsion des Lumbalmarks kann nach *Thomas* der Ausfall der Piloarrektion einen Anhaltspunkt für die Höhendiagnose geben, da ein ungestörter Reflex ein Zeichen dafür ist, daß die Verletzung unterhalb von L 2 liegt.

Bei 11 Fällen von *Böwing* mit Paraplegie zeigte sich, daß die Allgemeinreaktion mit einer Ausnahme am ganzen Körper ausgelöst werden konnte und daß sie häufig unterhalb der Läsion verstärkt war. Auffällig war das Fehlen des Reflexes bei 2 Kranken

im Gebiete der Reithosenanästhesie; die Rückenmarksverletzung betraf beide Male das Sakralmark. Da das Brust- und Lendenmark bei beiden Kranken vollkommen funktionstüchtig war, muß für den Ausfall der Piloarrektion im gelähmten Gebiet wohl eine Kreuzmarkläsion angenommen werden. Daher sprechen die Beobachtungen von *Böwing* im Gegensatz zu *Thomas* dafür, daß sich unterhalb von L 2 noch pilomotorische Zentren finden. In zwei Fällen gelang es ihm, einen lokalen pilomotorischen Reflex in Gebieten zu erzeugen, die vom Allgemeinreflex nicht getroffen waren. Er betrachtet diese Erscheinung als einen begrenzten spinalen Reflex und erklärt dies dadurch, daß der Reflex unterhalb der Querschnittsläsion geschlossen wird. Die Ansichten von *Thomas* werden im allgemeinen von ihm anerkannt, die Trennung zwischen cerebralem und spinalem Reflex aber abgelehnt, da ja beide nur im Rückenmark geschlossen werden und sich einzig dadurch unterscheiden, daß der cranialwärts auftretende Reflex hemmende und fördernde Impulse vom Gehirn erhält, während der kaudalwärts gelegene ohne Einflüsse des Gehirns nur vom Rückenmark ausgelöst wird.

Analog der Erhöhung der Sehnen- und Periostreflexe unterhalb der Querschnittsläsion treten einige Zeit nach der Querdurchtrennung des Rückenmarks die pilomotorischen Reaktionen verstärkt auf. Bei Zerstörung des Rückenmarks oder bei Durchschneidung der peripheren Nerven kommt in den entsprechenden Gebieten kein spinaler Reflex mehr zustande, aber der Tonus der glatten Muskeln ist verstärkt, was durch die lebhafte lokale Gänsehautbildung in den entnervten Gebieten bewiesen wird. Der Pilomotorentonus wird demnach sowohl vom Gehirn, als auch vom Rückenmark gewöhnlich gehemmt, selten gefördert. Das überraschendste Ergebnis ist jedoch das Übergreifen der Reaktion auf die gelähmten Beine. Nach der Meinung *Böwing*'s (20) stellt die Reflexausbreitung in Gebieten, mit denen die auslösende Stelle in keinem direkten nervösen Zusammenhang steht, etwas ganz besonderes in der Neurologie dar.

Über die Ausbreitung der pilomotorischen Reaktion läßt sich folgendes sagen: Es ist bekannt, daß die Allgemeinreaktion nicht plötzlich an allen Punkten zu gleicher Zeit entsteht, sondern daß sie sich wellenförmig vom Ort der Entstehung ausbreitet. Diese

Ausbreitung erfolgt so langsam, daß man sie mit freiem Auge verfolgen kann. Es ist daher unmöglich, daß der Reiz vom Entstehungsort zum Zentralnervensystem und von dort direkt auf nervösem Weg, allenfalls über den sympathischen Grenzstrang zur Haut des ganzen Körpers geleitet wird. Denn bei einer Leitungsgeschwindigkeit von 30 m/Sek. nach *Helmholtz* müßte die Reaktion für unsere Augen an allen Hautstellen gleichzeitig erscheinen. *Böwing* (20) erklärt daher diese Tatsachen auf folgende Weise: Der gesetzte Reiz wird durch sensible Nerven zum Rückenmark geleitet und erregt dort die pilomotorischen Zentren des gleichen Segmentes. Diese erzeugen in ihrem Wirkungsbereich eine Piloarrektion. Die Kontraktion der glatten Haarbalgmuskeln findet wegen der Überlagerung auch in angrenzenden sensiblen Dermatomen statt. Die Aufrichtung der Haare bedeutet einen neuen Reiz und wird meist sogar als Sensatio pilomotorica empfunden. Durch Übergreifen von Segment zu Segment wird allmählich die gleichseitige Körperhälfte erfaßt (Wanderreflex). Bei besonderer Empfindlichkeit kann der Reiz von der Mittellinie auch auf die andere Seite übergreifen und dort ebenfalls eine meist schwächere Reaktion erzeugen. So wird es verständlich, daß bei Rückenmarksverletzungen, wenn mehrere Segmente gestört sind, keine vollständige Allgemeinreaktion zustande kommen kann, obwohl der Reflex unterhalb der Verletzung erhalten bleibt. Das Trennungsgebiet wird durch die Aussparung gebildet, die man bei Reizung oberhalb und unterhalb der Verletzung erhält. Wenn man hingegen annimmt, daß das wellenartige Fortschreiten des Allgemeinreflexes entlang des Grenzstranges erfolgt, könnte man auch das Übergreifen der Arrektion in Gebiete unterhalb der Querschnittsläsion erklären. Eine Aussparung würde dann durch Schädigung des Grenzstranges zustande kommen.

Die Beobachtungen des Gänsehautreflexes bei Hemiplegie sind nicht einheitlich. So sahen *Königsfeld* und *Zierl* (4) Ausfall der Reaktion auf der gelähmten Seite, *Sobotka* (6) bei zwei Hemiplegikern eine verstärkte halbseitige Gänsehautbildung auf der gesunden, eine verminderte auf der kranken Seite. Hingegen beobachtete *André-Thomas* (1) häufig eine Verstärkung des Allgemeinreflexes auf der gelähmten Seite. Die lokale Piloarrektion war in keinem der obigen Fälle verstärkt. *Böwing* (20) unter-

suchte 15 Fälle von Hemiplegie. 8mal war die Allgemeinreaktion auf der gelähmten Seite verstärkt, 1 mal auf der gesunden, ein Patient zeigte ein wechselndes Verhalten. Bei drei Patienten bestand kein Unterschied zwischen gelähmter und gesunder Seite, während bei zwei Patienten überhaupt keine Reaktion auszulösen war. Die Ursache für die häufige Verstärkung der Reaktion sah *Böring* nicht nur in der Temperaturerniedrigung der Haut an diesen Stellen — wie *Thomas* meint—, sondern auch in einer gesteigerten Neigung der glatten Muskulatur zu Kontraktionen durch Ausfall der cerebralen Hemmung. Das gleiche zeigten auch die Gefäße der erkrankten Seite (Blutdruckerhöhung). Unwahrscheinlich ist die Erklärung, daß Erkrankungen der Großhirnhemisphäre einen Reizzustand für die pilomotorischen Bahnen der gegenüber liegenden Seite bedeuten. Es ist möglich, daß die seltene Abschwächung der Gänsehaut auf der gelähmten Körperhälfte durch Temperaturerhöhung auf dieser Seite hervorgerufen wird.

V. Eigene Untersuchungen.

Im folgenden Kapitel wird über eine Reihe von Untersuchungen berichtet, die an verschiedenen Patienten vorgenommen wurden, um ihre pilomotorische Reaktion zu prüfen.

Fall I: 42 jähriger Mann mit schlaffer Lähmung beider Beine, verursacht durch eine traumatische Wirbelfraktur. Sitz der Läsion in der Höhe von L1 - L2. Die anfangs komplette Kompression des Rückenmarks, durch die Blutung bedingt, hatte nach Resorption derselben später nachgelassen. Die pilomotorische Reaktion zeigte folgendes Verhalten: bei lokaler Anwendung von mechanischen Reizen (Kitzeln, Kratzen), elektrischen oder thermischen Reizen kam es an beiden Beinen zu einer deutlichen Reaktion, die keinerlei Abweichung vom Verhalten gesunder Menschen erkennen ließ.

Bei Reizung vom Nackenfeld aus (Faradisieren, mechanisch oder durch Abkühlung) trat am ganzen Körper eine deutliche Allgemeinreaktion auf, auf den gelähmten Beinen war die Reaktion wesentlich abgeschwächt.

Fall II: 55 jähriger Mann mit Hemiplegie rechts durch apoplektischen Insult vor 4 Monaten. Typisches klinisches Bild einer spastischen Halbseitenlähmung mit gesteigerten Sehnen- und Periostreflexen.

Bei Untersuchung der lokalen pilomotorischen Reaktion zeigte sich kein Unterschied zwischen der gesunden und der kranken Körperhälfte. Die Allgemeinreaktion, vom Nackenfeld ausgelöst, breitete sich über den ganzen Körper aus, wobei die gelähmte Seite eine geringe Verstärkung der Gänsehautbildung aufwies.

Fall III: 24 jährige Frau mit schlaffer Lähmung des linken Beins (Musculi quadriceps und peronei), Restzustand nach Poliomyelitis anterior acuta vor 12 Jahren. Das Bein ist deutlich verkürzt, in Equinovarusstellung. Knochen und Muskulatur atrophisch. Achillessehnenreflex auslösbar, Patellarsehnenreflex fehlt.

Auch diese Patientin zeigt in Bezug auf die Lokalreaktion keinen Unterschied zwischen gesunder und gelähmter Seite. Die Allgemeinreaktion war auslösbar und breitete sich auch auf das kranke Bein in normaler Weise aus. Es wurde gegenüber der gesunden Seite kein Unterschied weder an Intensität, noch an zeitlichem Auftreten gefunden.

Der Vergleich der Piloarrektion zwischen Vertretern der weißen und der schwarzen Rasse ergab keinen wesentlichen Unterschied. Das Verhalten der Reaktion wurde bei 7 Negern (6 Männern, 1 Mädchen), die wegen verschiedener interner Krankheiten im Spital lagen, aber keinerlei Störungen des Nervensystems aufwiesen, geprüft. Zum Vergleich wurden drei gesunde Personen der weißen Rasse herangezogen. Dabei zeigte sich folgendes Verhalten: Die lokale Reaktion war bei allen 10 Versuchspersonen an den verschiedensten Körperstellen auslösbar, wobei nur geringe individuelle Unterschiede vorlagen. Der Allgemeinreflex war bei 2 Personen (1 Weißer, 1 Neger) überhaupt nicht auslösbar, bei den übrigen 8 kam eine deutliche Reaktion zustande, die überall in Bezug auf Ausbreitung und zeitliche Dauer ein normales Verhalten zeigte. Es kann somit kein Unterschied zwischen der weißen und schwarzen Rasse vermerkt werden.

Fall IV: 36jähriger Neger mit schlaffer Lähmung des linken Armes, verursacht durch eine Durchtrennung des Plexus brachialis nach Unfall. Die ganze linke obere Extremität zeigt sowohl Aufhebung der Motilität, als auch an den meisten Stellen Aufhebung der Sensibilität.

Die Auslösung der lokalen Piloarrektion gelang leicht an allen Körperstellen, im Bereich der gelähmten Extremität war sie deutlich abgeschwächt, am ehesten noch durch faradische Reize auslösbar, während bei mechanischer Reizung fast keine Reaktion auftrat. Die Allgemeinreaktion breitete sich über den ganzen Körper aus, ließ aber einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Armen erkennen. Am kranken Arm war die Reaktion viel weniger deutlich als am gesunden.

VI. Zusammenfassung.

Es wird ausführlich über die pilomotorische Reaktion berichtet. Trotzdem viele Teilerscheinungen schon seit Jahrhunderten bekannt waren, wurde eine genaue Erklärung der Reaktion und vor allem ihre klinische Bedeutung erst in den letzten Jahrzehnten gegeben. Insbesondere die Tierversuche von *Langley* haben Klarheit über den Vorgang der Allgemeinreaktion gebracht. Es handelt sich dabei um einen echten Reflex, der vom Rückenmark über den Grenzstrang vermittelt wird. Die Erscheinung der sogenannten lokalen Cutis anserina betrifft nur die Stelle der Reizung und erfolgt durch direkte Erregung der Hautmuskeln. Beide Erscheinungsformen können dabei durch mechanische, thermische, elektrische und chemische Reize hervorgerufen werden, wobei das Nackenfeld als Reizort eine besondere Rolle zu spielen scheint. Auch psychische Vorstellungen können eine pilomotorische Reaktion hervorrufen, was seit langem bekannt ist. Doch sei festgestellt, daß das Schauergefühl (Sensatio pilomotorica) nicht immer von einer Reactio begleitet sein muß.

Die klinische Bedeutung der Reaktion liegt vor allem auf dem Gebiete der Nervenkrankheiten. Neurastheniker und Hysteriker zeigen eine gesteigerte Reaktion, desgleichen manche Tabiker.

Durchtrennung der Nerven bewirkt wegen des Wegfalls zentraler Hemmungen im allgemeinen eine gesteigerte lokale Reaktion, während der Allgemeinreflex aufgehoben erscheint. Da es in anästhetischen Hautgebieten zum Ausbleiben dieses Reflexes kommt, hat man durch faradische Nackenfeldreizung die Möglichkeit, objektiv die Funktionsfähigkeit der Hautnerven festzustellen. Bei Paraplegie verhält sich die Piloarrektion unterhalb der Querschnittsläsion analog den Sehnen- und Periostreflexen. Man ist auch in der Lage, durch exakte Untersuchung nicht nur genau den Ort, sondern in vielen Fällen auch die Ausdehnung der Läsion anzugeben. Bei Hemiplegie sind die Beobachtungen nicht einheitlich. Es wurde zumeist eine Verstärkung, seltener eine Abschwächung des Reizerfolges auf der gelähmten Seite beobachtet. Der Ausfall der zentralen Hemmungen kann als Ursache für das verstärkte Auftreten angenommen werden.

Unsere eigenen Untersuchungen betrafen drei verschiedene Gebiete. Erstens untersuchten wir den Einfluß von Ätzmitteln und anderen Hautreizmitteln wie Äther und Äthylchlorid auf die pilomotorische Reaktion bei Applikation auf die Haut und einige Schleimhäute. Dabei zeigte sich, daß auf der Haut nur Äther und Äthylchlorid, anscheinend dank der durch sie bewirkte Abkühlung, Gänsehautreaktionen hervorriefen, ferner, wenn auch unregelmässig, konzentrierte Essigsäure. Dagegen konnten von den Schleimhäuten der Zunge und der Nase aus durch verschiedene verdünnte Ätzmittel, ferner auch durch Zitronen- und Oxalsäure, bei schwächerem Reiz Sensatio pilomotorica, bei stärkerem pilomotorische Allgemeinreaktion hervorgerufen werden.

In zweiter Linie untersuchten wir, ob sich in der pilomotorischen Reaktion ein Unterschied zwischen Angehörigen verschiedener Rassen feststellen ließe. Es wurden zu diesem Zwecke sieben nervengesunde Neger mit drei gesunden Erwachsenen der weißen Rasse verglichen; weder in der Lokalreaktion noch in der Allgemeinreaktion konnte ein Unterschied festgestellt werden.

Schließlich wurden verschiedene organisch Nervenkranke auf ihre pilomotorische Reaktionsfähigkeit untersucht: dabei zeigte eine Hemiplegie auf der gelähmten Seite eine leichte Verstärkung der Allgemeinreaktion der Pilomotoren. Wogegen ein Fall von

partieller Rückenmarksquerläsion im Gebiete des oberen Lumbalmarks in den gelähmten unteren Extremitäten eine Herabsetzung der Allgemeinreaktion und eine leichte Steigerung der lokalen Reaktion aufwies.

In einem Fall von Lähmung des Plexus brachialis waren im Bereiche der gelähmten Extremität sowohl die Lokal- als auch die Allgemeinreaktion herabgesetzt, während im Gegensatz dazu in einem Falle von partieller Lähmung einer unteren Extremität durch Poliomyelitis die Reaktion sich im Bereiche der gelähmten Extremität in jeder Hinsicht normal abspielte.

Zum Schlusse möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. *Robert Isenschmid*, für seine wertvollen Ratschläge und freundliche Unterstützung, und Herrn Dr. *Norman Sharpe* für seine Mitwirkung meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

VII. Literaturverzeichnis.

1. *André-Thomas:* Le reflexe pilomoteur. Paris, 1921.
2. *Günther, H.:* Die mechanische Erregbarkeit der Hautmuskeln und Gefäße. Ergebn. der inneren Med. u. Kinderheilk. 1917, S. 620.
3. *Kahn:* Ein Beitrag zur Lehre von den Pilomotoren. Archiv für Anatomie u. Phys. 1903.
4. *Königsfeld* und *Zierl:* Klinische Untersuchungen über das Auftreten der Cutis anserina. Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1912, S. 442.
5. *Ritschel:* Über Lähmung der Musculi arrectores pilorum und deren Verwertung zur Bestimmung sensibler Lähmungen. Zentralbl. für phys. Therapie u. Unfallkunde. 1904, Bd. I.
6. *Sobotka:* Zur Physiologie der pilomotorischen und der ihnen verwandten Erscheinungen beim Menschen. Archiv für Dermat. und Syph. 1910, S. 3.
7. *Trotter* and *Davis:* Experimental studies in the innervation of the skin. Zentralbl. f. Physiol. 1922, S. 193.
8. *Makenzie:* The pilomotor or goose-skin reflex. Brain 14. 1893, S. 51.
9. *Günther:* Historische Notizen über die Reactio pilomotorica. Archiv für Geschichte der Medizin 11, 1917.
10. *Solger:* Das Phänomen der Gänsehaut und seine Erklärung. Dermatol. Zentralbl. 1904, Nr. 12.
11. *Müller:* Das vegetative Nervensystem. Springer, 1920.
12. *Du Bois-Raymond:* Allgemeine Physiologie der glatten Muskeln. Nagels Handbuch der Physiologie, 1905.
13. *Judassohn:* Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten, Band I.
14. *Külbs:* Lokale Reize und Hautreaktionen. Berliner Klin. Wochenschr. 1909, S. 342.
15. *Neumann:* Über Trichopilarmuskelkrisen bei Tabes. Wiener Klin. Wochenschr. 1911.
16. *Oppenheim:* Lehrbuch der Neurologie, 1908.
17. *Pinkus:* Circumscript cutis anserina. Archiv f. Dermat. und Syph. 81, 1906.

18. *Rabl:* Histologie der Haut. Handbuch der Hautkrankheiten von Macek, 1902.

19. *Roehrig:* Physiologie der Haut. Berlin, 1876.

20. *Böwing:* Zur Pathologie der vegetativen Funktionen der Haut. Deutsche Zeitschr. für Neurologie, Bd. 76, 1923.

21. *Langley:* The arrangement of the sympathet. nervous system, based chiefly on observations upon pilomotor nerves. Journal of Physiol. 1893, Bd. 15, S. 176.

22. *Langley* and *Sherrington:* On pilomotor nerves. Journal of Physiol. 1891, Bd. 12, S. 278.

23. *Vignolo-Lutati:* Experimentelle Beiträge zur Pathologie der glatten Muskeln der Haut. Archiv für Dermat. u. Syphil. 1901, S. 323.

24. *Brücke, F. Th.:* Über die Wirkung von Acetcholin auf die Pilomotoren. Klinische Wochenschr. 1935, S. 7.

25. *Weiss, Nic.:* zit. nach *Günther.*

26. *Berndt* und *Eggert:* zitiert nach *Günther.*

27. *Maschka:* zitiert nach *Günther.*

28. *Fuchs:* zitiert nach *Günther.*

29. *Moser:* zitiert nach *Günther.*

30. *Kölliker:* zitiert nach *Böwing.*

31. *Gull:* zitiert nach *Günther.*

32. *Lister:* zitiert nach *Günther.*

33. *Richter:* zitiert nach *Günther.*

34. *Müller:* Studien über den Dermographismus und dessen diagnostische Bedeutung. Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde, 47, S. 413, 1913.

35. *Schiff:* zitiert nach *Königsfeld* und *Zierl.*

36. *Unna:* Hautkrankheiten. Handbuch der speziellen Pathologie, Therapie von *Ziemssen.* 1883, I., S. 10.

37. *Bonnet:* Über die glatte Muskulatur der Haut und der Knäueldrüsen. Ärztliches Intelligenzblatt. 1885, S. 30.

38. *Hess* und *Königstein:* Über Neurosen der Hautgefäße. Wiener Klin. Wochenschrift. 1911, S. 1460.

39. *Bauer:* Zur Funktionsprüfung des vegetativen Nervensystems. Deutsches Archiv für klinische Medizin. 1912, Nr. 107, S. 39.

40. *Wundt:* zitiert nach *Günther.*

41. *Richet:* zitiert nach *Günther.*

42. *Ettmüller:* zitiert nach *Günther.*

43. *Gehler:* zitiert nach *Günther.*

44. *Beni Bardi:* zitiert nach *Günther.*

45. *Grassel:* Frisson. Diction. encyclop. des sciences méd. Paris 4, 1880, S. 82.

46. *Winkler:* zitiert nach *Günther.*

47. *Barthélemy:* Du dermographisme. Dermatol. Kongreß, Wien 1892, S. 545.

48. *Elliot* und *Kahn:* zitiert nach *Günther.*

49. *Tarchanoff:* Über die willkürliche Akzeleration der Herzschläge. Pflügers Archiv, 35, S. 114, 1885.

50. *Jaquet:* Action de la pilocarpine sur les muscles lisses de la peau et l'excretion sudorale. Festschrift für *Neumann*, 1900, S. 317.

51. *Auspitz:* Allgemeine Pathologie und Therapie der Haut. In *v. Ziemssens* Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie, 14. I. 1883, S. 180.

52. *Mannaberg:* Malariakrankheit, in *Nothnagel:* Spezielle Pathologie und Therapie, Wien, 1889, S. 121.

53. *Gavaret:* zitiert nach *Günther.*

54. *Lionville:* zitiert nach *Schmiedeberg:* Grundriß der Pharmakologie, Leipzig, 1906, S. 106.

55. *Schmoll:* Über Koronarsklerose. Münchner med. Wochenschr. 1907, S. 2027.

56. *Johnson:* zitiert nach *Günther.*

57. *Féré* et *Lance:* La dermographie chez les aliénés. Jahrbuch für Neur. u. Psych. 1898, S. 1160.

58. *Hutchinson:* zitiert nach *Günther.*

59. *Mannheimer:* zitiert nach *Günther.*

60. *Polland:* Über vasomotorische Reflexneurosen und verwandte Krankheitsbilder. Dermatol. Zeitschr. 14, 1907.

61. *Dalmady:* zitiert nach *Brücke.*

62. *Dale*: Chemical transmission of the effects of nerve impulses. Brit. med. Journal. 1934, S. 835.